

## К. С. СЕМЕНОВ.

### Таксация леса без таблиц.

Оценка некоторых методов широкой практики и практические способы вычислений.

В лесопромышленной практике постоянно приходится иметь дело с определением кубического содержания или объема круглого леса. Осмотревши лесосеку, надо определить, сколько и каких размеров пиловочных бревен может она дать. При расценке работ по заготовке и вывозке бревен, при определении их цены, надо знать их кубическое содержание.

Ученые техники и технически грамотные лесопромышленники для этой цели вооружаются всевозможными таблицами и справочниками. Но малограмотные промышленники как-то обходятся без них.

Иногда и техники не имеют под рукой справочника. И вот поэтому представляет большой интерес знакомство с методами таксации без таблиц, с критической оценкой существующих методов практики и с установлением практически удобных методов для широкого пользования ими.

На некоторых из этих методов мне хочется остановиться в настоящей заметке.

#### Определение размеров бревна в растущем лесу.

В одном из углов глухого севера для определения верхнего диаметра 12-ти аршинного бревна, которое получится из растущего леса, пользуются следующим практическим правилом: принимают, что бревно 12 арш. длины имеет в верхнем отрубе столько вершков в диаметре, сколько четвертей аршина оно имеет в окружности на высоте груди.

Например: Дерево имеющее окружность на высоте груди в 6 четвертей аршина даст бревно 6 вершков в верхнем отрубе. Таким образом, если ведется вырубка деревьев, которые дадут 4 х саженные бревна  $5\frac{1}{2}$  и более вершков в верхнем отрубе, то все деревья, имеющие на высоте груди окружность меньше  $5\frac{1}{2}$  четвертей, являются негодными для данной цели.

Проверка в натуре иногда оправдывает данное правило, но иногда и не оправдывает. Я попытаюсь установить условия применения этого практического правила.

Лесная математика рассматривает дерево и его части, как правильные тела вращения—цилиндр, конус, параболоид или нейлоид, и дает общую формулу их уравнения:

$$y^2 = px^m$$

где  $y$  диаметры поперечных сечений, а  $x$  высота сечения.

В данном случае можно не рассматривать ствол дерева, как цилиндр, т. к. несомненно, что верхнее сечение (верхний отрез) меньше нижнего. Можно не рассматривать его как нейлоид, так как при измерениях дерева на высоте груди и выше, нижняя сильно утолщенная часть дерева, приближающая его к нейлоиду, игнорируется.

Для конуса имеем  $m = 2$ , откуда  $y^2 = px^2$

Обозначим верхний диаметр бревна через  $d$  и диаметр на высоте груди через  $D$ , высоту от  $d$  до вершины через  $h$  и от  $D$  до вершины через  $H$ . Будем иметь

$$d^2 = ph^2 \text{ и } D^2 = pH^2 \text{ откуда } \frac{d^2}{D^2} = \frac{h^2}{H^2} \text{ и } \frac{d}{D} = \frac{h}{H} \quad (1)$$

Определим при каких условиях будет осуществляться разбираемое правило, т. е. при каких условиях

$$\pi D = 4d \quad (2)$$

Это будет при условии совместности данных уравнений.

Из уравнения (2) получим  $\frac{d}{D} = \frac{\pi}{4}$  и подставляя его в уравнение (1)

$$\text{получим: } \frac{\pi}{4} = \frac{h}{H} \quad (3)$$

Действительное равенство этих отношений даст искомое условие. Но так как  $h$  может быть выражено через  $H$  и числовые величины, очевидно все сведется к величине  $H$ , т. е. к высоте дерева, которая состоит из высоты измерения нижнего диаметра на высоте груди (высота груди  $1\frac{3}{4}$  арш.) +  $H$   $h = H + CD$ ;  $CD = 12\frac{1}{4}$  (длина бревна в 12 арш. и  $\frac{1}{4}$  арш. на занас) + цепь  $\frac{1}{2}$  арш. — высота груди  $1\frac{3}{4}$ , а всего 11 арш.

Подставляя полученную величину в уравнении (3)

$$\text{получим } \frac{\pi}{4} = \frac{H - 11}{H} \text{ откуда}$$

$$H = 51\frac{1}{3}$$

и прибавляя высоту измерения  $D$  в  $1\frac{3}{4}$  арш. (высота груди) получим всю высоту около 53 арш.

Деревья в 53 арш. являются исключительными, а потому, очевидно, или разбираемое правило не применимо или объем дерева нельзя приравнять конусу.

Последнее предположение надо признать правильным, так как вершина дерева имеет гораздо больший сбеж (степень утолщения диаметра), чем ствол, а потому следует отказываться от приравнивания фигуры

бревна к усеченному конусу и рассмотреть его как *усеченный параболоид*.

Уравнение параболоида  $y^2 = px$ .

Рассуждая по предыдущему будем иметь:  $d^2 = ph$  и  $D^2 = pH$

откуда  $\frac{d^2}{D^2} = \frac{h}{H}$ , подставив сюда  $\pi D = 4d$  и  $h = H - 11$

получим  $\frac{\pi^2}{4^2} = \frac{H-11}{H}$ , откуда  $H = 28,9$  аршин, а высота дерева  $28,9 + 1\frac{3}{4} = 30,65$  или около 31 аршина.

Эта высота является средней для сосновых насаждений и соответствует III бонитету сосны.

Для проверки полученного вывода практикой составим вывод разбираемого правила со средними величинами, найденными из многих измерений (Труды по лесному опытному делу в России. — Лесная вспомогательная книга проф. М. Ордова).

Диаметр на высоте груди	Окружность на высоте груди в четвертих арш.	Диаметры в вершинах на высоте 13 аршин.			
		I бонитет	II бонитет	III бонитет	IV бонитет
6	12 $\frac{1}{4}$	4,6	4,4	4,2	3,9
7	5 $\frac{1}{2}$	5,4	5,2	5,0	4,8
8	6 $\frac{1}{4}$	6,0	6,0	5,8	5,6
9	7	6,8	6,7	6,4	6,5
10	7 $\frac{3}{4}$	7,6	7,5	7,2	7,3
12	9 $\frac{1}{4}$	9,0	9,0	8,8	8,8
14	10 $\frac{3}{4}$	10,3	10,3	10,1	10,1
16	12 $\frac{1}{2}$	11,6	11,4	11,2	

Сопоставление показывает, что показания для диаметра в четвертих аршина на высоте груди несколько превосходят и ближе всего подходят к диаметрам деревьев первого бонитета. Судя по сопоставлению надо сказать, что разбираемое правило применимо только к хорошему высокому тонкому лесу с небольшим сбегом. Но если принять во внимание, что у дерева на высоте груди кора значительно толще, чем на высоте 13 арш. и сделать скидку на толщину коры, можно считать это правило приблизительно верным.

Во всяком случае в хорошем лесу пользование им допустимо.

#### Определение объема заготовленных бревен.

В русской лесной практике установилось измерение объема бревна в кубических футах при измерении его длины в аршинах и диаметра в вершках.

Для целей лесной практики знать кубатуру бревна нужно прежде всего, чтобы установить его стоимость и расценку на заготовку и перевозку бревен, потому, что правильнее всего устанавливать все эти величины в за-

зависимости от количества древесной массы в бревне (стоимость древесины в зависимости от качества их ясна сама по себе).

В определении кубатуры бревен лесоводы шли двумя путями: лесные математики второй половины прошлого столетия старались приравнять ствол дерева к какому-либо телу вращения, — цилиндру, усеченному конусу, параболоиду или эллипсоиду, при этом они устанавливали формулу объема ствола или как функции длины и толщины бревна, измеренной в одном или двух местах ствола, или же давали сложную формулу, разбивая ствол на отдельные отрубки, определяя объем отрубка по тому же способу и потом интегрируя полученные результаты.

Лесоводы другого направления подходили к установлению объема бревен путем массовых измерений, устанавливая зависимость объема от диаметра и длины как среднее из многочисленных определений. При этом объем отдельного ствола определяли разбивкой ствола на мелкие части с приравниванием каждой части к цилиндру и суммированием их объемов.

Наиболее обычной формулой при измерении как всего бревна, так и отдельных его отрубков (отрезков) являлась *простая формула Губера*.

$$V = QH$$

где  $Q = \frac{\pi d^2}{4}$ , т. е. площадь сечения ствола на середине его длины, а  $H$  его длина.

Житейская практика безграмотных в техническом отношении лесозаготовителей остановилась прежде всего на допущении пропорциональности объема бревна его толщине. Так расценка на заготовку и перевозку бревна делается с вершка, расчет количества погрузки на подводу тоже с вершка.

Но стоит сопоставить расценку бревна по его толщине с его кубатурой, чтобы увидеть насколько велико между ними расхождение.

Ниже приведено сопоставление расценок для 12 арш. бревна по толщине и по объему, причем за единицу сравнения принято бревно 7 вершков толщины в верхнем отрубе. Расценка вершка принята в 10 коп.

Диаметр бревна в верхнем отрубе	Расценка считая по 10 к вершок	Кубатура бревна в футах.	Расценка бревна считая по 2,22 к. ф.	Разница расценок в ‰	
				+	-
4 вершка	40 коп.	11,5 кв. ф.	25 коп.	+60‰	—
5 "	50 коп.	17,2 "	37 "	+50‰	—
6 "	60 "	23,5 "	51 "	+18‰	—
7 "	70 "	31,5 "	70 "	0‰	—
8 "	80 "	36,2 "	80 "	—	0
9 "	90 "	46,3 "	102 "	—	— 10‰
10 "	100 "	53,2 "	117 "	—	— 14‰
11 "	110 "	61,2 "	141 "	—	— 22‰
12 "	120 "	76,5 "	168 "	—	— 29‰

Расценивая бревна с вершка, получим для средних размеров расхождение очень незначительное, зато крайние размеры дадут недопустимые результаты—тонкие размеры дадут преувеличение до 60%, а толстые—преуменьшение до 30%.

Если назначить расценку за заготовку и вывозку бревен из леса по вершкам, а не по кубатуре, то все тонкие сравнительно малосценные бревна будут вывезены из леса, а лучшие толстые бревна останутся в лесу.

Другой способ практикуемый при учете массы бревна—это измерение по сажень-вершкам, т. е. объем бревна или коэффициент, который служит для вычисления различных расценок на бревно получается перемножением длины бревна в сажнях на толщину бревна в верхнем отрубе в вершках. Так бревно 12 арш.  $\times$  7 в. имеет 84 с/в., а бревно 9 ар.  $\times$  10 в. имеет 90 с/в.

Основываясь на том же принципе, как измерение объема бревен по вершкам, т. е. на учете только толщины бревна, способ этот имеет те же погрешности, т. е. дает для средних размеров приблизительно правильные коэффициенты, но в крайних случаях отступление значительно. Отличается он от первого способа тем, что он универсальнее. Он учитывает не только толщину, но и длину бревен.

Но характерно в нем то, что количество с/в („сажень-вершок“) в бревне совпадает с количеством футов. Отступления получаются для крайних размеров.

Диаметр брев. в верх- нем отрубе	Бревно 12 аршин.			Бревно 9 аршин.			Бревно 15 аршин.		
	Кубат. в куб. ф.	св.	в 0/0/0.	Кубат. в куб. ф.	св.	в 0/0/0.	Кубат. в куб. ф.	св.	в 0/0/0.
4 в.	11,5	16	40	7,8	12	50	14,0	20	+ 43
5 „	17,5	20	+ 17	11,9	15	+ 20	22,5	25	+ 5
6 „	23,5	24	+ 2	16,2	18	+ 8	31,5	30	— 5
7 „	31,5	28	— 11	22,5	21	— 6	42,3	35	— 17
8 „	36,2	32	— 11	28,5	24	— 13	53,5	40	— 20
9 „	46,3	36	— 22	35,8	27	— 24	67,0	45	— 32
10 „	53,2	40	— 25	41,9	30	— 30	80,0	50	— 37
11 „	64,2	44	— 31	50,5	33	— 33	96,0	55	— 42
12 „	76,5	48	— 38	59,8	36	— 40	113,0	60	— 44

При грубом измерении бревен средней толщины (от 5 до 8 в.); погрешность не превышает 20%, при более толстых бревнах (до 10 в.), она поднимается до 25% и только у длинных бревен 15 аршин до 32%. Принимая во внимание, что толстых бревен в обычной партии сравнительно мало, можно признать, что способ определения кубической массы по сажень-вершкам может иметь полное применение для среднего леса.

Этот вывод будет еще прочнее, если вспомнить, что при определении кубатуры бревен по обычно определяемым таблицам, погрешности в отдельных случаях мало чем меньше.

Для приблизительного определения объема бревен 12-ти аршин можно предложить следующую эмпирическую формулу:

$$V = \frac{2}{3} \pi d^2 \text{ или } V = d^2 \cdot \frac{1}{3} d^2$$

т. е. объем бревна равняется квадрату его верхнего диаметра, умноженному на треть результата. Напр. объем бревна 12 ар.  $\times 7 \text{ в.} = \frac{2}{3} (7^2) 32,6$ . По таблицам Орлова этот объем равен 31,5 кв. ф., а по таблицам Рудзского—32,0 кв. ф. Для тонких бревен до 7 вершков вывод получается достаточно точным для целей практики, для бревен 8 вершков и толще он несколько преувеличен, почему для бревен 8—17 вершков, надо скидывать не  $\frac{1}{3}$ , а  $\frac{4}{10}$  и формула получит вид:

$$V = 0,6 d^2 \text{ или } V d^2 = \frac{4}{10} d^2$$

Бревна 9 арш. имеют объем меньший приблизительно на  $\frac{1}{3}$ , а бревна 15 аршин—больше на  $\frac{1}{3}$ .

Нетрудно вывести и точную формулу, удобную для целей практики. Для этого надо воспользоваться простой формулой Губера, которая приведена выше:

$$V = g H \text{ или } V = \frac{\pi \delta^2 H}{4}$$

Затруднительность обращения с ней получается только потому, что в нее входят данные разных наименований. Чтобы получать  $V$  в кубических футах, надо  $H$  и  $\delta$ , которые обычно выражаются в аршинах и вершках перевести в линейные футы. Это усложняет вычисление.

Сделав вычисление раз навсегда и введя в него численную величину  $\pi$  и делитель 4, получим с точностью до 0,01:

$$V = 0,04 \delta^2 H$$

т. е., что объем бревна в кубических футах равняется  $\frac{4}{100}$  квадрата его диаметра на середине длины в вершках, умноженному на длину в аршинах.

Можно считать, что этот вывод настолько же точен, насколько точна простая формула Губера.

В случае, если диаметр на середине бревна не может быть измерен, приходится прибегать к более сложной формуле, заменив  $\delta$  на середине бревна измерениями диаметров на верхнем и нижнем торцах.

Приняв, что  $\delta = \frac{D+d}{2}$  и подставив это значение  $\delta$  в простую формулу Губера

$$V = \frac{\pi \delta^2 H}{4} \text{ получим:}$$

$$V = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D^2 + d^2 + 2Dd}{4} \right) H = \frac{\pi H}{16} (D^2 + d^2 + 2Dd)$$

Эта формула неудобна для вычислений. Чтобы упростить, ее примем во внимание, что у бревен длиной 9—15 аршин средний сбеги колеблется от 15 до 35% в среднем 25%, почему  $D^2 + d^2$  отличается от  $2Dd$

меньше, чем на 5% и потому  $2Dd$  может быть без значительной погрешности приравнено  $D^2 + d^2$ . Тогда формула  $v = \frac{\pi}{16} H (D^2 + d^2 + 2Dd)$  примет вид  $v = \frac{\pi}{8} H (D^2 + d^2)$ .

Заменяя численные коэффициенты одним числом и делая перевод в футы, получим:

$$v = 0,02 H (D^2 + d^2)$$

Эта формула может наиболее удобно применяться при вычислении объема штабеля бревен одной длины. Тогда мы получим, что объем бревен во всем штабеле равен сумме объемов отдельных бревен, т. е.

$$\Sigma (v_1 + v_2 + \dots + v_n) = 0,02 (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2 + d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) H =$$

или  $\Sigma v = (\Sigma D^2 + \Sigma d^2) \cdot 0,02 H$

Практически надо обмерить диаметры торцов у всех бревен штабеля с толстого и тонкого конца, возвести их в квадрат и суммировать. Сумму умножить на двойную высоту и разделить на 100.

Н. С. Семенов.







